Über die Frage der Belaſtung des Kiefergelenks.

Inaugural-Diſſertation

zur

Erlangung der zahnärztlichen Doktorwürde
der Hohen Mediziniſchen Fakultät
der Rheiniſchen Friedrich Wilhelms-Universität zu Bonn.

Vorgelegt am 15. März 1937

von

Auguſt Scheitle,
Zahnarzt
aus Palzem (Obermosel) Rhld.

1 9 3 7

Buchdruckerei Beyer & Hausknecht K.-G., Bielefeld

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät
der Universität Bonn.

Referent: Prof. Dr. W. Balters.
Korreferent: Prof. Dr. F. W. Proell.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

MEINEN LIEBEN ELTERN

IN DANKBARKEIT

GEWIDMET!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546422_0001

Einleitung und Übersicht.

Über die Belastung des Kiefergelenks im allgemeinen und im besonderen beim Kauakt ist im zahnärztlichen Schrifttum recht wenig zu finden. Obwohl nur einige wenige sich mit dieser Frage befaßt haben, sind die einzelnen Auffassungen sehr verschieden, oft direkt einander entgegengesetzt. Während die einen glauben, das Kiefergelenk werde beim Kauakt hohen Drucken ausgesetzt, halten die anderen die Belastung des Gelenks für unbedeutend oder stellen überhaupt jedwede Beanspruchung beim Beißen und Kauen in Abrede. Vorliegende Arbeit hat sich zur Aufgabe gemacht, in diese Frage Klarheit zu bringen.

Der erste Teil der Arbeit gibt einen allgemeinen Überblick über die Behandlung der Frage der Gelenkbelastung, wie sie sich im Schrifttum spiegelt. Die Meinungen, Gedankengänge und Versuche der verschiedenen Autoren sind hier in der Reihenfolge ihrer Veröffentlichung zusammengestellt worden. Die meisten Stellungnahmen und Äußerungen sind Arbeiten entnommen, die ganz andere Fragen behandeln und beiläufig auch noch auf die Belastung des Gelenks zu sprechen kommen.

Im zweiten Teile werden die bisherigen Vorstellungen und Überlegungen einer kritischen Betrachtung unterzogen. In diesem Zusammenhange will ich auch von meinen eigenen Versuchen berichten und hoffe, damit auch meinerseits einen praktischen Beitrag zur Klärung der in Erörterung stehenden Frage zu liefern.

Im Schlußteile soll dann die Frage der Belastung des Gelenks eine Beantwortung erfahren, soweit eine solche aus den bisher vorliegenden praktischen Untersuchungen am Kiefergelenk selbst bzw. am Unterkiefer möglich ist. Praktische Folgerungen aus den gewonnenen Erkenntnissen mögen dann das Schlußwort abgeben.

Die Gelenkbelastung im Spiegel des Schrifttums.

Fick R. hat sich in seinem Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke usw. bei Behandlung des Kiefergelenks mit der Frage der Belastung des Gelenks nicht direkt befaßt, indirekt sich jedoch dazu geäußert, allerdings in einem ganz anderen Zusammenhange.

Fick kommt auf die mechanische Funktion der Bandscheibe zu sprechen und schreibt ihr neben anderen wichtigen Aufgaben eine große Bedeutung zu für „die Milderung des Druckes beim Beißen". „Ihre hinteren dicken Teile sind außerdem wohlgeeignet, die dünnen Knochenstellen, die das Dach und die Hinterwand der Pfanne bilden, bei plötzlichem Anstoßen des Köpfchens vor dem Zerbrechen zu schützen."

Über die Wirkung der Schließmuskeln heißt es: „Vielleicht ist die vorwärts gerichtete Komponente der Schließmuskeln insofern von Vorteil, als dadurch beim festen Zubeißen das Kieferköpfchen der festen Vorderwand der Gelenkpfanne angepreßt wird, nicht der schwachen Hinterwand oder dem schwachen Pfannendach."

Nach Fick dient die Gelenkpfanne mit ihrem meist durchsichtig dünnen Dach eigentlich nicht zur Aufnahme des Kieferköpfchens, sondern zur Aufnahme der hinteren Teile der Zwischenscheibe. Das Kieferköpfchen liegt dem vorderen Teile der Gelenkpfanne d. h. dem hinteren festen Abhang des Gelenkhöckers an und artikuliert auch nur mit ihm und nicht mit dem Pfannengrund.

Nach der Meinung Fick's wird also:

das Kiefergelenk beim Kauen und Beißen stets belastet,

im allgemeinen nur der feste rückwärtige Abhang des Gelenkhöckers belastet und nicht die schwache Gelenkpfanne,

trotzalledem gelegentlich auch das Dach und die Hinterwand der Pfanne von Stößen des Köpfchens getroffen.

Loos R. kommt in seinen Ausführungen: „Einiges über den Zusammenhang von Artikulation und Kiefergelenk" auch kurz auf die Wirkung der Kaumuskeln auf den Unterkiefer bzw. das Kiefergelenk zu sprechen.

Loos betrachtet den Unterkiefer in seiner mechanischen Wirkungsweise als einarmigen Hebel, d. h. Kraft und Last wirken auf der gleichen Seite vom Drehpunkt. Für den Unterkiefer-Hebel ist das Gelenkköpfchen Drehpunkt; die Kraft wird dargestellt durch die drei Kaumuskelpaare: masseter, pterygoideus internus, temporalis; als Last wirkt der Widerstand, den die Zahnreihen oder ein zwischen ihnen befindlicher Bissen dem Muskelzuge entgegensetzt. Unter Zugrundelegung dieser Vorstellung vom Unterkiefer als einarmigen Hebel schreibt Loos über die Wirkung des Muskelzuges: „Wirken die Muskeln in dem Sinne, daß sie die in Okklusion befindlichen Zähne fest aneinander pressen, so wirkt dieser Zug als Druck im Gelenk und als Druck auf die Zähne verteilt entsprechend den Hebellängen. Da der Kraftarm kürzer ist als der Lastarm, so ist der Druck im Gelenk größer als auf den Zähnen." Die Verteilung des Muskelzuges veranschaulicht noch besonders folgender Vergleich: „Der Muskelzug verteilt sich so, daß ein Teil auf die Zähne, der Rest als Druck auf das Kiefergelenk zur Geltung kommt, so wie wenn wir einen starren Stab auf zwei Widerlager legen und ihn irgendwo zwischen diesen belasten."

Bei Beschreibung der Schließbewegung haben die Verhältnisse im Gelenk eine ziemlich eingehende Behandlung erfahren. Während der Schließbewegung „stützt sich der Unterkiefer auf die Zähne, die den Bissen erfaßt haben und auf die zwei Gelenke, also auf drei Punkte." „Das Gelenkköpfchen muß an der schiefen Ebene des Gelenkes gleiten, weil hier der Druck sehr stark ist." Dieser Druck zerfällt in zwei Komponenten, von denen die eine, senkrecht zur Gelenkbahn, die Druckbelastung im Gelenk darstellt, während die andere, in Richtung der Gelenkbahn, das Köpfchen nach rückwärts bewegt, bis es am Ende der Schließbewegung im tiefsten Punkte der Pfanne sein festes Lager gefunden hat. Um die Größe des möglicherweise im Gelenk auftretenden Druckes anzudeuten, weist Loos auf die ungeheueren Kräfte hin, welche die drei Kaumuskelpaare bei der Schließbewegung zu entwickeln vermögen und erwähnt hierbei E. Weber, der nach Muskelquerschnittsmaßen eine verfügbare aktive Spannung von 400 kg errechnet hat. Erst ganz am Schluß

der Schließbewegung, die in der Okklusion ihr Ende findet, kann die gesamte Muskelkraft in Druck umgewandelt werden, weil keine Bewegung mehr möglich ist, die einen Teil der Kraft für sich beanspruchte. Das Gelenkköpfchen befindet sich nach Loos im Gegensatz zu anderen Autoren während der Okklusion im tiefsten Punkte der Pfanne.

Abschließend hat also Loos von der Wirkung der Kaumuskeln insbesondere auf das Kiefergelenk folgende Vorstellung:

Der Zug der Kaumuskeln verteilt sich als Druck auf Zähne und Gelenk.

Der auf das Gelenk entfallende Druck ist nach den Gesetzen des einarmigen Hebels größer als der Druck auf die Zähne und muß überhaupt in Anbetracht der gewaltigen Kaumuskelkräfte besonders während der Schließbewegung sehr groß sein.

Belastet wird während der Schließbewegung die Gelenkbahn und in der Okklusion am Ende der Schließbewegung in weit höherem Maße die Pfanne.

Straßer H. geht in seinem Lehrbuch der Muskel- und Gelenkmechanik bei Behandlung des Kiefergelenks auch kurz auf die Wirkung der Kaumuskeln ein und bringt hierbei manches, was für die Frage der Gelenkbelastung von Bedeutung ist.

Wenn Straßer von der Öffnungsbewegung schreibt, daß ganz zum Schluß dieser Bewegung das Gelenkköpfchen sich dem Gelenkhöcker nähert und in diesem Zusammenhange von einer „Kompression der Menisci?“ spricht, so dürfte damit wohl auf die Möglichkeit einer Gelenkbelastung bereits am Ende der Öffnungsbewegung hingewiesen sein.

Der natürliche Spannungszustand der Kaumuskeln schon soll unter Umständen belastend auf das Kiefergelenk wirken, wie aus folgendem hervorgeht: „Die Hebe- oder Schließmuskeln des Kiefers liegen im allgemeinen näher am Kiefergelenk. Sie können dabei sehr wohl einen leichten Tonus haben, der die Condylen gegen die craniale Gelenkfläche drückt, wenn nur das Drehungsmoment der viel weiter entfernt angreifenden Muskeln des Mundhöhlenbodens mit Bezug auf die gemeinsame Condylenachse dem drehenden Einfluß dieses Tonus gegenüber das Übergewicht hat.“

Die Gewalt der Kiefermuskeln zum Kieferschluß wird auch von Straßer sehr hoch geschätzt; nach seiner Meinung dürften in besonderen Fällen, wie z. B. bei Zahnathleten, noch größere Spannungen erreicht werden als von Weber errechnet worden sind (400 kg). Diese gewaltigen Muskelkräfte wirken sich beim Kauakt nun so aus, daß an der Stelle des Muskelansatzes am Schädel ein Zug nach unten entsteht, „während in den Gelenken und im Gebiet der Zahnreihen, also im wesentlichen nach hinten und vorne von den Ursprungsstellen der oberen Kaumuskeln, der Unterkiefer gegen das genannte Widerlager nach oben gepreßt wird.“ Letzteres ist in weiterem noch einmal unter besonderer Hervorhebung der Muskelwirkung auf den Gelenkfortsatz ausgesprochen worden: „Durch die gleichen Muskeln, welche den Unterkiefer gegen die obere Zahnreihe andrängen, wird auch der Gelenkfortsatz jederseits gegen die Schädelbasis gepreßt.“ Die Schädelbasis und der angrenzende Randteil des Schädel-

gewölbes werden also demnach durch die Kaumuskeln teils direkt, teils indirekt über den Unterkiefer in Anspruch genommen „wie ein in der Mitte unterstützter Balken, nur in umgekehrter Richtung der drei Hauptresultierenden, indem ja in der Mitte ein Zug nach unten (Kaumuskeln) einwirkt, vorn und hinten aber der Druck vom Unterkiefer her nach oben gerichtet ist."

Sehr eingehend ist noch beschrieben, wie im Oberkiefer durch kräftige Verstrebungen des Zahnfächerfortsatzes gegen den Schädel für die Kaufestigkeit des vorderen Widerlagers Sorge getragen ist. Von dem hinteren Widerlager im Gelenk ist nichts Ähnliches berichtet.

Die Auffassung Straßer's über die Frage der Gelenkbelastung wäre also kurz in Folgendem zusammenzufassen:

Eine Belastung des Gelenks ist bereits für das Ende der Öffnungsbewegung in Betracht zu ziehen.

Durch den natürlichen Spannungszustand der Kaumuskeln kann unter gewissen Umständen eine Gelenkbelastung bedingt sein.

Die gewaltigen Kaumuskelkräfte belasten beim Kieferschluß durch ihre Wirkung auf den Unterkiefer die Schädelbasis über den Zähnen und im Gelenk.

Beim Studium der Kaubewegungen speziell der Hebelverhältnisse des Unterkiefers hat Weigele B. folgendes Gesetz gefunden: „Bei den Kaubewegungen wirken die Kräfte in solcher Stärke und Richtung, daß die Reaktion auf die Gelenkpfanne auf ein Minimum reduziert wird. Mechanisch ausgedrückt: die Summe der Momente in Bezug auf die Gelenkpfanne ist annähernd gleich Null."

Weigele hat die Momente der Muskelkräfte und der Gegenkraft des Bissens in Bezug auf die Gelenkpfanne bzw. das Gelenkköpfchen gebildet. Die Momente der Schließmuskeln sind bestrebt, den Unterkiefer nach oben zu drehen; die Momente des Bissenwiderstandes und der Schwere des Unterkiefers wirken in entgegengesetztem Sinne. Die genannten Momente heben sich gegenseitig ungefähr auf. Das erklärt sich Weigele folgendermaßen. Die Natur verschwendet keine Kräfte. Die Kaumuskeln wenden jedesmal nur so viel Kraft auf als zur Zerkleinerung der Nahrung jeweils notwendig ist. Daß der Kraftaufwand der Kaumuskeln nicht zu groß und nicht zu klein ist, sondern stets dem Bissenwiderstande entspricht, dafür sorgen die zahlreichen, besonders auf Druck empfindlichen Nervenfasern der Zahnwurzelhaut, denen die Steuerung der Kaumuskelkräfte obliegt. Es werden ja auch Zahnwurzelhaut und Kaumuskeln gemeinsam vom n. trigeminus versorgt. Herrscht also Gleichgewicht der Momente, so ist, wie bereits gesagt, die Wirkung der Kaumuskeln auf die Gelenkpfanne annähernd gleich Null. Die beim Kauen nicht zu vermeidenden Drucke und Stöße gegen die Schädelbasis werden durch die Zähne z. T. von der Zahnwurzelhaut aufgefangen z. T. auf das gewölbeförmige Gaumendach übertragen. Hier können sie über ein System von Knochenverstrebungen gegen die Schädelbasis hin ausstrahlen; ihre Kraft verliert sich allmählich und wird so unschädlich.

Gleichen sich die Momente aber nicht ganz aus, aus irgendeinem Grunde, so entsteht im Gelenkköpfchen ein Druck noch oben gegen die

Gelenkpfanne, der aber durch die Wirkung des m. pterygoideus ext. obere Portion aufgehoben wird. Durch den Zug dieses Muskels wird die Zwischenscheibe gespannt, das Gelenkköpfchen nach unten gedrängt und so die Gelenkpfanne entlastet.

Ist die Spannung der Kaumuskeln aber einmal bedeutend größer als dem Widerstande entspricht, oder ändert sich plötzlich der Widerstand, was eintritt, wenn man in einem weichen Bissen unversehens auf einen harten Gegenstand (Schrotkorn) aufbeißt, so kann die Reaktion im Gelenk übermäßig groß werden. Für diesen Fall dient als Sicherung die Zwischenscheibe; sie fängt den Stoß auf und mildert ihn.

Die Gelenkpfanne mit ihrem papierdünnen Dach wäre auch nicht in der Lage, größeren Drucken standzuhalten, wie auch andererseits der Hals des Gelenkköpfchens mit seinem auffallend dünnen Querschnitt und sehr locker gelagerten Knochenbälkchen denkbar schlecht zur Druckübertragung auf die Schädelbasis geeignet wäre. Es ist auch wohl kaum anzunehmen, daß auf die starr mit dem Schädel verbundene Gelenkpfanne Stöße erfolgen, die ihn in Schwingungen versetzen und sich nachteilig auf das Gehirn auswirken müßten.

Weigele nimmt also zur Frage der Gelenkbelastung folgende Stellung ein:

Die beim Kauen auftretenden Kräfte, die Muskel- und Gegenkräfte des Bissens, sind im allgemeinen gleich groß; ihre Wirkung auf das Gelenk ist annähernd gleich Null.

Bei etwaigem Überwiegen der Kaumuskelkräfte und dadurch bedingter Gelenkbelastung kommt es durch die Wirkung des m. pterygoideus ext. obere Portion zum Ausgleich und zur Entlastung des Gelenks.

Tritt unerwartet plötzlich ein hohes Übergewicht der Kaumuskeln auf, so werden die entstehenden hohen Drucke von der als Sicherung dienenden Zwischenscheibe aufgefangen und gemildert.

In jedem Falle ist die Gelenkbelastung außerordentlich gering.

Gysi A., den auch Köhler und Schröder in ihren Arbeiten anführen, versuchte, auf experimentellem Wege die Frage der Gelenkbelastung zu klären. Er baute einen Apparat, der unter gewissen Annahmen dem menschlichen Kauapparat in seiner mechanischen Wirkungsweise entsprechen und Einblick geben sollte, in die beim Kauen sich abspielenden Belastungsvorgänge.

In einem rechteckigen Rahmenwerk ist ein gerader Hebel waagerecht aufgehängt. Der obere Teil des Rahmenwerkes stellt die Schädelbasis dar, der Hebel den Unterkiefer. Auf diesem Unterkiefer-Hebel sind wichtige Punkte des Unterkiefers gemäß der Projektion eines normalen menschlichen Unterkiefers auf die Horizontalebene eingezeichnet: das Gelenkköpfchen, ein gemeinsamer Ansatzpunkt für die Kaumuskeln, die Zähne, der gedachte Schnittpunkt der beiden verlängerten Unterkieferhälften. An Stelle des Muskelansatzes zieht eine auf beliebige Zuggrößen einstellbare, dem Muskelzuge entsprechende Federwaage senkrecht nach oben gegen die Schädelbasis. Eine zweite Federwaage zieht vom Gelenkköpfchen und eine dritte vom gedachten Schnittpunkt der beiden verlängerten Unterkieferhälften senkrecht nach abwärts; letztere kann auf der Zahn-

reihe von den Schneide- bis zu den Backenzähnen hin verschoben werden und stellt den Bissendruck dar. Wird nun während des Verschiebens der Bissendruckfederwaage auf der Zahnreihe zugleich der Muskelzug auf gleicher Höhe gehalten, so sollen nach Gysi dieselben Verhältnisse vorliegen wie beim Kauen auf beiden Kieferseiten.

Die bei dem jeweiligen Verschieben der Bissendruckfederwaage erhaltenen Werte für die auf Zähne und Gelenk entfallenden Drucke ergaben zwei Kurven, welche die Abhängigkeit der Höhe dieser Drucke von der Lage des Bissens veranschaulichten. Je weiter der Bissen von vorn nach rückwärts in das Backenzahngebiet gelangte, um so größer wurde der Druck auf den Zähnen und um so geringer im Gelenk.

Gysi untersuchte auch die Druckverhältnisse beim Kauen auf nur einer Seite und fand hierbei folgendes: Wird nur auf einer Seite gekaut, so spannen sich nicht nur die Kaumuskeln der Arbeits- sondern gleichzeitig auch die der nicht arbeitenden Seite und ziehen diese nach oben. Dadurch wird das Gelenkköpfchen der nicht arbeitenden Seite gegen die Schädelbasis gepreßt, zugleich aber auch die kauende Kieferhälfte in ihrem vorderen Abschnitt hochgehoben. Die arbeitende Kieferhälfte hebelt dabei um den Bissen herum; sie hat sich in einen zweiarmigen Hebel verwandelt; hinter dem Bissen als Drehpunkt wirkt die gesamte Muskelkraft der Kauseite, davor ein Teil der Muskelkraft der nicht arbeitenden Seite. Das Gelenkköpfchen der Arbeitsseite muß sich in diesem Falle von der Gelenkfläche des Schläfenbeins entfernen, wodurch das Gelenk von Druck mehr oder weniger entlastet wird.

Die genaueren Feststellungen Gysi's gehen dahin, daß bei einseitigem Kauen der Druck im Gelenk der Arbeitsseite um so geringer wird, je weiter der Bissen nach rückwärts zu liegen kommt. Liegt der Bissen zwischen den letzten Mahlzähnen, so kann das Gelenk ganz frei von Druck werden; ja, es kann sogar bei besonders großem Widerstand des Bissens das Gelenkköpfchen unter Zerrung der Gelenkkapsel aus dem Gelenk herausschwingen. Im Gegensatz dazu steht das Gelenk der nicht arbeitenden Seite dauernd unter Druck.

Die Untersuchungen Gysi's brachten also kurz folgende Ergebnisse:

Wird auf beiden Seiten gekaut, so findet eine Belastung beider Gelenke statt, deren Größe im wesentlichen abhängig ist von der Lage des Bissens. Mit dem Wandern des Bissens von vorn nach hinten in das Mahlzahngebiet verringert sich der Druck in den Gelenken.

Wird nur auf einer Seite gekaut, so steht das Gelenk der nicht arbeitenden Seite dauernd unter Druck. Das Gelenk der Arbeitsseite dagegen wird entlastet, oft in einem Maße, daß es überhaupt keinen Druck auszuhalten hat. In besonderen Fällen kann es sogar zu einem negativen Druck im Gelenk kommen.

Köhler L. versuchte, in einer statisch-physiologischen Auseinandersetzung über die beim Kauakt tätigen Kräfte zu zeigen, daß die Summe aller am Unterkiefer angreifenden Kräfte gleich Null, besonders aber die Lagerreaktionen am Gelenkköpfchen tatsächlich außerordentlich gering sein kann.

Um die Wirkung der Kaumuskeln und des Bissens in statischer Hinsicht auf das Gelenk kennen zu lernen, wurden diese Kräfte an das Gelenkköpfchen verlagert. Hierbei stellte sich heraus, daß kein Druck im Gelenk herrscht, wenn dem nach abwärts gerichteten Bissendruck eine gleich große und entgegengesetzt gerichtete Resultierende aus den beiden Hauptmuskelkräften, (m. masseter + m. pterygoideus int.) und m. temporalis, gegenübersteht. Diese statische Feststellung ist für die folgende Betrachtung der physiologischen Vorgänge beim Kauakt von großer Wichtigkeit.

Das Kauen kommt im wesentlichen dadurch zustande, daß die Kaumuskeln, in der von Weigele beschriebenen Weise durch die Nerven der Zahnwurzelhaut gesteuert, zum Zerkleinern der Nahrung sich stets um einen geringen Betrag mehr anspannen, als dem Widerstande des Bissens entspricht. Während der dem Bissenwiderstande entsprechende Teil der Muskelkraft durch den Gegendruck des Bissens aufgehoben wird, wirkt sich der Muskelkraftüberschuß auf das Gelenk aus. Die Größe dieses Muskelkraftüberschusses ist abhängig von der für das Kauen aufgewandten Zeit. Wird wenig Zeit verwandt, schnell und hastig gekaut, so sind die für die Zeiteinheit sich ergebenden Kraftüberschüsse hoch und können zu starken Normalbeanspruchungen in der Pfanne führen. Wird dagegen viel Zeit gebraucht, langsam und vorsichtig gekaut, so sind die Kraftüberschüsse gering. So wird z. B. die vierte Phase des Kauaktes im allgemeinen viel langsamer ausgeführt als die vorherigen, um so bei den großen in dieser letzten Phase auftretenden Kräften den Muskelkraftüberschuß möglichst niedrig zu halten. Nur ein Teil dieser überschüssigen Kraft, die sich im Gelenk noch in eine Normal- und Tangentialresultante aufspaltet, nämlich die senkrecht gegen die Gelenkbahn gerichtete Normalresultante, kann das Gelenk belasten. Jedoch vermag der m. pterygoideus externus obere Portion in seiner Tätigkeit als Scheibenspanner in der von Weigele beschriebenen Weise diesen Druck, falls nicht ganz, so doch wohl zum großen Teile aufzufangen.

Diese Überlegungen gelten aber nur, wenn das Drehzentrum für die am Unterkiefer angreifenden Kräfte sich im Gelenk befindet, was nicht immer der Fall ist. Wird der Bissen infolge beträchtlicher Härte nicht zerkleinert, so kann er leicht Drehpunkt werden. Begünstigt wird dies dadurch, daß in Anpassung an die belastete Kieferstelle die beiden Hauptmuskelgruppen, (m. mass. + m. pterygo. int.) und m. temp., ihre Arbeitsrichtung in geringem Maße verändern, sich mehr oder weniger auf ein Momentengleichgewicht einstellen können. Durch Übung soll noch eine weitere Vervollkommnung dieser Fähigkeit möglich sein. Und es kann nun leicht sein, daß die beiden Momente aus (m. mass. + m. pterygo. int.) und m. temp. in Bezug auf den Bissen als Drehpunkt einander gleich werden, was einem Schweben des Gelenkköpfchens und damit einer Entlastung des Gelenks gleich kommt. In Wirklichkeit ist ja auch der m. mass. zum Teil stark nach vorne gerichtet, andererseits der m. temp. zum großen Teil derart gegen die mass.-pterygo. int.-Muskelgruppe geneigt, daß in dem sich daraus ergebenden Kraftbild die Resultierende tatsächlich durch den Bissen gehen kann.

Von der Richtigkeit dieser Überlegungen hat sich Köhler durch einen Versuch überzeugt. In einem Kiefermodell wurde der Unterkiefer durch zwei den Muskelzügen entsprechende Gummibänder gegen einen Widerstand zwischen den Zahnreihen gepreßt. Das Gelenkköpfchen schwebte dabei ruhig in der Luft, ohne irgendwelchen Druck auszuüben.

Das bisher Ausgeführte gilt nur für das Kauen bei beiderseits gleichmäßig belastetem Kiefer. Für das Kauen auf nur einer Seite schließt sich Köhler der Auffassung Gysi's an. Durch das Zusammenwirken der Muskeln der Arbeits- und der nicht arbeitenden Seite hebelt der Unterkiefer um den Bissen herum, wodurch auf der Arbeitsseite das Gelenkköpfchen aus dem Gelenk herausschwingt und es damit entlastet, während auf der anderen Seite das Gelenk, wie beim Kauen auf beiden Seiten, durch den Muskelkraftüberschuß belastet wird. Auf die schwierigen Belastungsverhältnisse, wie sie zustande kommen, wenn beiderseits der Unterkiefer gegen verschieden große Widerstände herangeführt wird, ist nicht eingegangen worden.

Das Schlußwort zu diesen Ausführungen soll Köhler selbst sprechen: „Als Endergebnis der gesamten Betrachtung, wie wir uns die Wirkung der Kräfte in Bezug auf das Gelenkköpfchen vorzustellen haben, finden wir etwa folgendes. Der dort auftretende Druck hat die Höhe der Normalresultante des auftretenden Muskelkraftüberschusses und hält sich wohl meist innerhalb sehr geringer Grenzen, kann aber bei plötzlicher Bremsung der Bewegung durch sehr hohen Widerstand und bei sehr schnellen Bewegungen gegen denselben ein höheres Maß erreichen, ist aber gerade bei hohen, langsam erfolgenden Drucken gering, gerade bei den bekannten Akrobatenleistungen."

Aus der Arbeit Köhler's lassen sich für die Frage der Gelenkbelastung folgende Schlüsse ziehen:

Bei beiderseits gleichmäßig belastetem Kiefer herrscht im Gelenk im allgemeinen nur ein sehr geringer Druck, möglicherweise überhaupt kein Druck; in besonderen Fällen können jedoch auch stärkere Normalbeanspruchungen erfolgen;

bei nur einseitig belastetem Kiefer findet eine Druckentlastung der Arbeits- und geringe Belastung der nicht arbeitenden Seite statt;

in allen Fällen kann der Druck durch den m. pterygoideus externus aufgefangen werden.

„Bei den Kaubewegungen wirken die Kräfte in solcher Stärke und Richtung, daß die Reaktion auf die Gelenkpfanne auf ein Minimum reduziert wird. Mechanisch ausgedrückt: die Summe der Momente in Bezug auf die Gelenkpfanne ist annähernd gleich Null." Diesem Weigele'schen Gesetze stimmt Müller M. zu und geht dann weiter auf den letzten Satz ein, um die Belastungsverhältnisse im Gelenk noch klarer herauszustellen.

In seinen statischen Überlegungen betrachtet Müller den Unterkiefer als geraden einarmigen Hebel; das Gelenkköpfchen liegt im Hebeldrehpunkt. Dieser Unterkiefer-Hebel soll unter dem Einfluß des in geringer Entfernung vom Drehpunkt ansetzenden und senkrecht nach aufwärts gerichteten Muskelzuges und des in größerem Abstande vom Gelenk lotrecht

nach unten wirkenden Bissendruckes stehen. Herrscht am Hebel Gleichgewicht, d. h. ist das Moment der Muskel- gleich dem der Bissenskraft oder, wie Weigele sagt, die Summe der Momente annähernd gleich Null, so ist für sich betrachtet, der Muskelzug stets größer als der Gegendruck des Bissens, weil bei Hebelgleichgewicht die Kraft am kürzeren Hebelarm stets größer ist als die am längeren. Um nun die Wirkung dieser beiden Kräfte auf das Gelenk zu zeigen, verlegt Müller einfach die Muskel- und Bissenskraft an das Gelenkköpfchen. Hier stehen sich also der größere Muskelzug nach oben und der kleinere Gegendruck des Bissens gegenüber. Und nun fährt Müller fort: „Damit komme ich zu der Ansicht, daß immer ein Druck auf die Gelenkpfanne beim Kauen stattfindet, und zwar ein Druck, welcher gleich ist der Resultierenden aus den Kaumuskelkräften und dem Gegendruck des Bissens; obwohl die Summe der auftretenden Momente für Gleichgewicht gleich Null ist."

Daß die Summe der Momente gleich Null sein kann und trotzdem im Unterstützungspunkt ein Druck auftritt, zeigt in einfacher Weise ein Bleistift, der unter Bildung eines spitzen Winkels mit der Tischplatte durch gleichzeitig an zwei Punkten in entgegengesetzter Richtung erfolgenden Fingerdruck in einer schrägen Ruhelage gehalten wird. Die Summe der Momente bezüglich des Stützpunktes ist dann gleich Null. Im Unterstützungspunkte aber wird ein Druck festzustellen sein.

Die auffallend geringe Knochenstärke der Gelenkpfanne, von der man sich leicht durch ein gegen das Licht gehaltenes Schädelpräparat überzeugen kann, zwingt Müller aber schließlich doch zu der Annahme, daß wohl keine starken Drucke auf die Gelenkpfanne erfolgen. Das Gelenk muß demnach irgendwie eingerichtet sein, die auftretenden Drucke zu mildern und unschädlich zu machen. Dazu ist besonders die knorpelige Zwischenscheibe durch die dem Knorpelgewebe innewohnende Elastizität geeignet. Der Gelenkscheibe schreibt Müller die Aufgabe der Stoßminderung und Druckverteilung zu; sie fängt wie ein Puffer den Stoß auf, wandelt ihn in Pressung und verteilt den Preßdruck auf eine wesentlich größere Unterlage als die Fläche groß ist, die den Druck vom Köpfchen empfängt. Druckmindernd wirkt auch die Gelenkflüssigkeit. In dem Beutel der Gelenkkapsel eingeschlossen, verteilt sie den Druck wie ein Wasserkissen gleichmäßig nach allen Seiten. Andererseits soll in der Formgestaltung der Gelenkpfanne, welche einem Gewölbe gleicht, die Form verwirklicht sein, die sich am besten zur Druckaufnahme eignet.

Kurz zusammengefaßt ist also Müllers Meinung die:

Beim Kauen wird auf das Gelenk immer ein Druck ausgeübt, welcher der Resultierenden aus den Kaumuskelkräften und dem Gegendruck des Bissens entspricht.

In Anbetracht der geringen Knochenstärke des Pfannendaches jedoch kann und darf dieser Druck nicht groß sein und wird deshalb durch die Zwischenscheibe und Gelenkflüssigkeit derart herabgesetzt, daß er ohne Schaden von der Gelenkpfanne in ihrer für Druckaufnahme günstigen Gewölbeform aufgenommen werden kann.

Schröder H. hat zur Frage der Belastung und Entlastung des menschlichen Kiefergelenkes in seinem Lehrbuch der technischen Zahn-

heilkunde und einer gleichnamigen Arbeit Stellung genommen und etwa folgendes ausgeführt.

Die Kaukraft verteilt sich auf Zähne bzw. Bissen und Gelenk. Beim Kauen wird, abgesehen von besonderen Fällen, stets ein Druck auf die Gelenke ausgeübt. Lediglich beim Kauen auf nur einer Seite kann das Gelenk der Arbeitsseite in der von Gysi beschriebenen Weise mehr oder weniger entlastet oder gar druckfrei werden, wenn der Bissen zwischen den letzten Backenzähnen liegt. Letzteres weist schon darauf hin, daß die Lage des Bissens Einfluß hat auf die Belastung des Gelenks, was diesbezügliche statische Untersuchungen bewiesen haben. Der Gelenkdruck wächst nämlich, je weiter der Bissen vom Gelenk ab nach vorn rückt. Er wird auf ein Minimum reduziert, wenn er am letzten Backenzahn wirkt.

Nach der Durchtrennung des Bissens kann eine erhebliche Entlastung des Gelenks stattfinden, wenn die Zahnreihen allerseits in einen gut ausgebildeten Schleifkontakt treten und ihn während der Gleitbewegungen nach vorwärts, seitwärts, rückwärts und im Schlußbiß bewahren. Die Kaukraft ist so während des Mahlaktes im Zahnbereich gleichmäßig über die gesamten Kauflächen der Zähne verteilt. „Jede einseitige Belastung im Frontalgebiet oder links oder rechts bedeutet infolge der fehlenden Abstützung im Bereich der Molaren eine Mehrbelastung des Gelenkes."

In hohem Maße wird das Gelenk mehrbelastet, wenn durch Zahnverlust das entlastende Bollwerk des Kauflächenkomplexes zerstört ist und der sonst von den Zähnen aufgefangene Teil des Kaudruckes nunmehr zum großen Teil vom Gelenk mitgetragen werden muß.

Der Kaudruck wird im Gelenk durch die Auspolsterung der Gelenkflächen mit Knorpel- und Bindegewebe und besonders durch die Zwischenlagerung der Gelenkscheibe sehr gemildert. Das Gelenkköpfchen überträgt diesen Druck bei gut bezahnten Kiefern nicht auf das dünnwandige Dach der Pfanne, sondern auf den kräftigen Gelenkhöcker und den äußeren und inneren Randwulst der Grube. „Sie bilden gewissermaßen die Schienenstränge, auf denen das Gelenkköpfchen unter Zwischenschaltung der Gelenkscheibe nach vorn und rückwärts gleitet. Das Dach der Pfanne selbst kommt unter normalen Verhältnissen mit der Unterkiefergelenkfläche nicht in Berührung. Es dient zur Aufnahme des hinteren Teiles der Gelenkscheibe und der Gelenkkapsel."

Bei mangelhaft bezahnten oder zahnlosen Kiefern dagegen sinkt infolge ungenügender oder überhaupt fehlender Abstützung des Unterkiefers gegen den Oberkiefer das Köpfchen in die Tiefe der Pfanne zurück, bis es schließlich am hinteren Gelenkhöcker Widerstand findet. Es werden jetzt Teile des Gelenkes belastet, die normalerweise nicht belastet werden. In Anpassung an diese anormale Belastung kommt es im Gelenk zu Ab- und Umbauprozessen, die sich wohl meist innerhalb physiologischer Grenzen, aber auch unter dem Bilde einer arthritis deformans abspielen können. Die Gelenkköpfchen werden mit großer Kraft gegen die hintere Umrandung der Gelenkgrube gepreßt, was notwendigerweise zu einer Abschleifung des hinteren Gelenkhöckers führen muß. Nicht selten ist auch die steil abfallende Wand der pars tympanica in Mitleidenschaft gezogen.

Nach Schröder wird also das Gelenk beim Kauen stets belastet. Die Größe der Belastung ist abhängig:

von der Lage des Bissens (auf beiden oder nur einer Seite, im Schneidezahn- oder Backenzahngebiet),

von dem Vorhandensein und der Ausbildung des Schleifkontaktes bei den Gleitbewegungen,

von der Bezahnung der Kiefer (volle Bezahnung, teilweiser oder gänzlicher Zahnverlust).

Wustrow P. hat für prothetische Belange die Bewegungen des Unterkiefers bzw. des Gelenkköpfchens untersucht und hierbei wichtige Feststellungen machen können, die auch für die Frage der Gelenkbelastung von großer Bedeutung sind.

Die Bewegungen des Gelenkköpfchens waren mit Hilfe eines U-förmigen Drahtbügels ermittelt worden, der, an den Zähnen des Unterkiefers befestigt, mit seinem freien Ende in der Gegend des Gelenkköpfchens die Bewegungen dieses mitmachte und aufzeichnete. Aus den Bewegungsbahnen, die das Gelenkköpfchen während des Kauens beschrieb, ergab sich, daß neben Bewegungen jedes Gelenkköpfchens auf einer nach unten gewölbten Bahn und zugleich stattfindenden Drehungen um sich selbst auch noch senkrechte Schwingungen jedes Gelenkkopfes bestehen, die ihn in jedem Punkte seiner Bahn sich mehr oder weniger weit vom Gelenk-Pfannenboden entfernen lassen können. Diese senkrechten Schwingungen des Gelenkköpfchens nach abwärts ließen sich auch noch auf andere Weise feststellen. Eine Versuchsperson erhielt den Auftrag, mit voller Kraft auf Drahtstückchen im Front- oder Glasperlen im Seitenzahngebiet zu beißen. Beim Anspannen der Kaumuskeln entfernten sich die Zahnreihen des Unterkiefers hinter dem Widerstand nach dem Gelenk zu von den oberen. Mit dieser Senkung des vom Widerstand ab nach dem Gelenk zu gelegenen Teiles des Unterkiefers mußten sich zugleich auch die Gelenkköpfchen als Teile des Unterkiefers gesenkt, d. h. sich vom Gelenk-Pfannenboden entfernt haben. Nach einer Berechnung, in welcher der Ausschlag der unteren Zahnreihen zu dem Widerstand und zum Gelenkköpfchen in Beziehung gesetzt worden war, betrug die Senkung des Gelenkköpfchens etwa 0,5 mm; bei Belastung der Front war sie geringer als bei Belastung im Seitenzahngebiet, was sich zum Teil aus der geringeren für den Frontzahnbereich entwickelten Kraft erklären soll. Diese Senkung des Gelenkköpfchens besagt für die Frage der Gelenkbelastung nichts anderes, als daß das Kiefergelenk beim Beißen und Kauen nicht belastet wird.

Von der mechanischen Tätigkeit des Unterkiefers und den beim Kauen sich abspielenden Belastungsvorgängen hat Wustrow auf Grund der gemachten Feststellungen folgende Vorstellung gewonnen:.

Der Unterkiefer ist einem Hebel zu vergleichen, dessen Dreh- bzw. Stützpunkt im unbelasteten Zustand bei den sogenannten Leerbewegungen, beim Sprechen, Singen, Gähnen und Schlucken, sich im Gelenk befindet, bei Belastung jedoch in dem belastenden Mittel zwischen den Zähnen. Das ist für Unterkiefer und Gelenk von großer Bedeutung. Wäre näm-

lich das Gelenk in allen Fällen Stützpunkt, so hätte der verhältnismäßig schwache Hals des Gelenkköpfchens oft große Drucke auszuhalten.

Die Größe der möglicherweise beim Kauen auftretenden Gewalten lassen die ausgedehnten Splitterungen oft völlig gesunder Zähne bei plötzlichem Aufbeißen auf harte Teilchen in der Nahrung ahnen. Bei solchen Kräften müßte es unbedingt zu Brüchen am Gelenkfortsatz kommen. Es ist aber noch nie ein Bruch des Gelenkköpfchens erfolgt durch plötzliche übermäßige Belastungen, wie sie durch unerwarteten Aufbiß auf ein Schrotkorn oder Steinchen zustande kommen. Dagegen hört man wohl von Brüchen des sehr viel kräftigeren Halses des Oberschenkelknochens infolge übermäßiger Belastung.

Im Gegensatz zum Oberschenkelknochen wird die den Unterkiefer treffende Gewalt gar nicht auf Hals und Köpfchen weitergeleitet, wie die angestellten Belastungsversuche zeigten, sondern „der Unterkiefer schwingt bei Belastungen, wie sie z. B. beim Kauen und Beißen stattfinden, um die zwischen seinen Zahnreihen liegenden Widerstände. Die processus condyloidei heben sich dabei mehr oder weniger weit vom Pfannenboden ab. Sie und so auch das collum mandibulae entgehen somit größeren Belastungen."

Aus den Ausführungen Wustrow's ergibt sich:

Das Kiefergelenk kann nur belastet werden, bei nicht belastetem Unterkiefer, beim Sprechen, Singen, Gähnen und Schlucken, wobei der Unterkiefer sich im Gelenk abstützt. In Anbetracht der geringen hierbei tätigen Muskelkräfte dürfte auch die Belastung nur gering sein.

Das Gelenk wird nicht belastet bei belastetem Kiefer, beim Beißen und Kauen, weil hier der Unterkiefer sich auf dem Widerstand zwischen den Zähnen abstützt, um ihn herumhebelt und dabei das Gelenkköpfchen sich vom Pfannenboden entfernen läßt.

Steinhard G. hat die Gelenkflächen von 300 rechten und linken Kiefergelenken makroskopisch und mikroskopisch, z. T. mit Hilfe des polarisierten Lichtes, auf ihre Beanspruchung hin untersucht und aus den Befunden weitgehende Rückschlüsse auf die Belastung des Gelenks machen können.

Die Beanspruchung der Gelenkflächen offenbart sich im Gelenkknorpel, der durch die auf ihn einwirkenden Kräfte in ganz gesetzmäßiger Weise geformt wird. So lagern sich z. B. die Knorpelfasern in die Richtung, nach der sie beansprucht werden. Bei voller Bezahnung verliefen die Knorpelfasern regelmäßig am Gelenkköpfchen vom vorderen zum hinteren und am Gelenkhöcker vom hinteren zum vorderen Gelenkrande. Daraus ergibt sich, daß die Gelenkflächen nur in der mit einem Vorrücken des Köpfchens verbundenen Öffnungs-, Vorschub- und Seitwärtsvorwärtsbewegung beansprucht werden und eine Belastung des Gelenks nur in diesen Bewegungen erfolgt.

Bei der Vorschubbewegung wird das Gelenk in erhöhtem Maße belastet, wenn nur die Schneidezähne sich berühren, während die Seitenzähne klaffen, wie das besonders häufig beim tiefen Scherenbiß der Fall ist. Infolge der fehlenden Abstützung im Seitenzahngebiet muß der ganze Kaudruck nunmehr von den Schneidezähnen und vom Gelenk getragen werden.

Als Ausdruck für diese Mehrbelastung fanden sich im Gelenk eine sehr starke Verbreiterung des Faserknorpels, Verdickung der einzelnen Fibrillen, Knorpelzellenvermehrung und stärkere Verkalkung der untersten Knorpelschicht.

Für eine Rückwärtsbeanspruchung der Gelenkflächen bei voller Bezahnung konnten keine Anhaltspunkte gefunden werden. Deshalb muß im vollbezahnten Gebiß für die mit einem Zurückgehen des Köpfchens verbundene Schließbewegung eine Belastung des Gelenks abgelehnt werden.

Im Lückengebiß dagegen wird, wie die Befunde am Gelenkknorpel anzeigten, das Gelenk auch in der Schließbewegung belastet, wenn nicht mehr genügend Zahnpaare vorhanden sind, den Abstand der Kiefer entsprechend der Schlußbißlage bei voller Bezahnung zu gewährleisten. Der nicht mehr hinreichend gegen den Oberkiefer abgestützte Unterkiefer kann dann beim Schlußbiß nach Erreichung der ehemaligen Schlußbißlage über diese hinaus noch weiter dem Oberkiefer genähert werden. Damit ist das Gelenkköpfchen der Gewalt der Schließer preisgegeben und wird gegen Ende des Schlußbisses mit großer Kraft in das Gelenk hineingedrückt. Das trifft natürlich in gleicher Weise für das zahnlose Gebiß zu.

Die Gelenkbelastung bei voller Bezahnung und normaler Schlußbißlage hält sich, wie aus den Befunden am Knorpel hervorging, stets innerhalb physiologischer Grenzen. Die Belastung im Lückengebiß mit zerstörter Schlußbißlage und bei zahnlosen Kiefern geht dagegen weit über das physiologische Maß hinaus und verursacht im Gelenk mancherlei Schäden. So zeigten die Gelenkflächen Knorpelverschiebungen, Knorpelrisse oder gar Knorpelschwund. In der unter dem Knorpel gelegenen Knochenschlußplatte wurden Anzeichen beginnender oder bereits fortgeschrittener arthritis deformans festgestellt und Markraumbildungen weit über die knöcherne Grenzlamelle hinaus bis in die spongiösen Markräume hinein. Die Gelenkscheibe war häufig verlagert und wies in vielen Fällen Zerrungen und schwere Quetschungen auf, falls sie nicht bereits an deren Folgen zugrunde gegangen war.

Nach Steinhard wird also das Kiefergelenk bei funktionell genügender Bezahnung nur in der Öffnungs-, Vorschub- und Seitwärtsvorwärtsbewegung in physiologischem Maße belastet und nicht in der Schließbewegung, bei funktionell ungenügender Bezahnung, insbesondere bei Zahnlosigkeit, dagegen auch in der Schließbewegung, und zwar über das physiologische Maß hinaus.

Balters W. hatte Gelegenheit, an einem Kiefergelenk, das durch ein Karzinom eröffnet war und Einblick in das Gelenkinnere gewährte, das Verhalten des Gelenkköpfchens bei den Bewegungen des Unterkiefers, insbesondere bei Belastung der Kiefer, zu beobachten und berichtet darüber in seiner Veröffentlichung: Neue Ergebnisse der Artikulationsforschung.

Bei der Vorschubbewegung des Kiefers bewegte sich das Kiefergelenkköpfchen auf der Gelenkfläche nach vorne. Bei einem auf der Seite des freiliegenden Köpfchens ausgeübten Druck in der Backenzahngegend entfernte sich das Köpfchen von der Gelenkfläche, während es bei dem auf der Gegenseite ausgeübten Druck der Gelenkfläche anlag.

In einem kurzen Hinweis streift Balters auch die Frage der Entlastung des Gelenks bei Zahnreihenschluß. Sie kommt im normalen Gebiß in vollkommener Weise zustande durch den „gewundenen Kauebenenverlauf" (im Unterkiefer Einwärtsneigung im Backenzahngebiet, Verwindung und Auswärtsneigung im kleinen Backenzahn- und Eckzahngebiet), wie er sich als Folge der natürlichen Abschleifung der Gebisse im Abrasionsgebiß vorfindet. „Während auf der Belastungsseite, früher auch als Arbeitsseite bezeichneten Kieferhälfte, der Zahnreihenschluß in der Gegend von 3., 4. und 5. vorhanden ist, findet auf der Gegenseite des Unterkiefers durch den Schluß der Zähne bei 6. und 7. gleichzeitig eine Entlastung des Gelenkes statt." „Bei Zahnreihenschluß liegt das Gelenk im Tuberkulum an, ohne darauf einen Druck ausüben zu können, da auch bei verschobenen Zahnreihen die Entlastungsseite dies verhindert."

Balters hat also in eigener Beobachtung am Gelenk des Lebenden feststellen können, daß beim Zubeißen das Gelenk der Belastungsseite nicht belastet wird und ist ganz allgemein der Meinung, daß bei Zahnreihenschluß im normalen Gebiß mit entsprechender natürlicher Abschleifung im Sinne des Abrasionsgebisses durch den „gewundenen Kauebenenverlauf" und der dadurch bedingten beiderseitigen Abstützung des Unterkiefers die Entlastung des Kiefergelenks gewährleistet wird.

Kurze zusammenfassende Übersicht über das Schrifttum.

Die meisten Autoren befassen sich nur mit der Belastung bzw. den Belastungsverhältnissen in der Schließbewegung, weil sie die wichtigste Bewegung beim Kauakt darstellt, in der die eigentliche Kauarbeit mit dem höchsten Kraftaufwand zustande kommt. Die Gelenkbelastung bei den anderen Bewegungen hat weniger Beachtung gefunden.

Die Behandlung des Problems ist zu den verschiedenen Zeiten naturgemäß eine verschiedene gewesen. In der Hauptsache jedoch erschöpft sie sich in theoretischen Überlegungen und praktischen Versuchen und Untersuchungen, wobei natürlich den auf praktischem Wege gewonnenen Erkenntnissen der Vorzug größerer Wahrscheinlichkeit zukommt.

Die Meinungen hinsichtlich der Belastung des Gelenks in der Schließbewegung sind außerordentlich geteilt und einander widersprechend. So verschieden die Meinungen auch sind, so ist doch ihre Wandlung im Laufe der Zeit nach einer bestimmten Richtung hin unverkennbar. Die meisten Autoren glauben, daß das Gelenk in der Schließbewegung belastet werde. Die ältesten Autoren hielten diese Belastung noch für außerordentlich hoch. Nach der Meinung jüngerer Autoren wird das Gelenk im allgemeinen nur in geringem Maße belastet, unter gewissen Bedingungen überhaupt nicht. Die jüngsten Autoren lehnen bereits jedwede Beanspruchung des Gelenks in der Schließbewegung bei voller Bezahnung ab.

Die meisten und vor allem die älteren Autoren mußten in ihren Überlegungen und meist theoretischen Untersuchungen zu der Ansicht kommen, daß das Gelenk belastet werde, weil sie alle neben der Kaumuskelkraft das Gelenk für das bestimmende Moment der Kaubewegungen ansahen; das Gelenk war für sie Dreh- und Stützpunkt des sich bewegenden Unterkiefers, was jedoch nur z. T. richtig ist.

Versuche am Kauapparat und Beobachtungen am Gelenk des Lebenden, sowie Untersuchungen am Gelenk der Leiche bestätigten schließlich die von einigen Autoren bereits richtig vermuteten Verhältnisse, daß während der wichtigsten Bewegung des Kauaktes, in der Schließbewegung, das führende und bestimmende Moment neben der Kaumuskulatur nicht im Gelenk, sondern in dem Bissen bzw. in den Zahnreihen gelegen ist und die hier herrschenden Verhältnisse entscheiden, ob das Kiefergelenk während der Schließbewegung belastet wird oder nicht.

Allgemeine Kritik am Schrifttum.

Aus der Tatsache, daß der Unterkiefer im Kiefergelenk mit der Schädelbasis gelenkig verbunden und die Zahnreihen des Unterkiefers durch die Gewalt der Schließmuskeln beim Kauen mit großer Kraft gegen die des Oberkiefers gepreßt werden, zogen die ältesten Autoren ohne weiteres den Schluß, daß auch das Gelenkköpfchen gegen die Gelenkfläche des Schläfenbeins gepreßt werde. Daß die Kraft der Schließer zwischen den Zahnreihen zur Wirkung kommt, kann nicht bezweifelt werden. Die Wirkungen dieser Kraft treten besonders beim Kauakt sichtbar in Erscheinung. Der Kaudruck zwischen den Zähnen kann mit Apparaten gemessen werden. Ob die Muskelkraft sich aber im Gelenk als Gelenkdruck auswirkt, läßt sich leider nicht so leicht nachweisen. Und so lange dies nicht durch praktische Versuche und Untersuchungen am Kauapparat selbst nachgeprüft und bestätigt worden ist, muß auch die Belastung des Gelenks als unerwiesen gelten.

Aus den gewaltigen Spannungen, deren die Schließer fähig sind — Weber hat eine verfügbare aktive Spannung von 400 kg aus den Querschnittsmaßen der Kaumuskeln errechnet, andere nennen noch höhere Zahlen — schloß man auf eine sehr hohe Gelenkbelastung. Dieser Schluß ist falsch, denn beim Kauen kommt praktisch nur ein Teil der möglichen Muskelkraft zur Verwendung. Es ist bekannt, daß bei Versuchen, die zur Ermittlung des Kaudrucks vorgenommen wurden, die meisten Personen, ehe die Kraft der Schließer erschöpft war, den Versuch unterbrechen mußten wegen Schmerzhaftigkeit der Zahnwurzelhaut. Die absolute Muskelkraft darf also gegebenenfalls nicht als Gradmesser für die Größe der Belastung angesehen werden.

Black hat bei seinen Kaudruckmessungen im Backenzahngebiet einen durchschnittlichen Druckwert von etwas über 70 kg ermittelt. Wenn die Kräfte, die das Backenzahngebiet mit 70 kg belasten, sich auch auf das Gelenk verteilten, so dürfte die Belastung des Gelenks, wenn auch nicht so groß, wie man angenommen hatte, so doch immerhin noch ganz beträchtlich sein.

Die Belastungsverhältnisse im Gelenk suchte man sich durch mechanisch-statische Überlegungen und auf dieser Grundlage aufgebaute Versuche zu erklären. Die Ergebnisse solcher theoretischer Untersuchungen müssen in ihrer Bedeutung für die Klärung der Belastungsverhältnisse beim Kauen von vorneherein sehr fraglich bleiben, weil die einzelnen Größen, die in Beziehung zueinander gebracht werden müssen, höchstens dem Augenschein und der Vermutung nach bestimmt oder abgeschätzt werden können. Statische Untersuchungen jedoch können nur durchgeführt wer-

den, wenn der Drehpunkt, der Abstand der Richtungslinien der Kräfte vom Drehpunkt und die Größe der Kräfte selbst genau festliegen und bekannt sind. Wo hat man aber überall den Drehpunkt des Unterkiefers vermutet? Im Kiefergelenk, am Kieferwinkel, am Bissen, am Bissen und Gelenk abwechselnd oder gar außerhalb des Unterkiefers. Denkt man nun noch an die stets wechselnde Stärke und Richtung der Kräfte beim Kauen, und wie wenig bei den mechanisch-statischen Versuchen die Darstellung der Muskelkräfte durch Federn oder Gummizüge den wirklichen Verhältnissen gerecht werden können, dann wird man erkennen, daß unter solchen Bedingungen in der angegebenen Weise die Belastungsverhältnisse beim Kauen wohl kaum ermittelt werden können. Das bestätigen auch die so sehr verschiedenen Ergebnisse dieser Untersuchungen.

So glaubt Loos, daß wegen des kürzeren Kraftarmes der Muskelkraft der Druck im Gelenk größer sein müsse als der Druck auf den Zähnen. Nach Gysi steigt mit der Verlagerung des Bissens von vorn nach hinten in das Backenzahngebiet der Druck auf den Zähnen und nimmt dafür im Gelenk ab. Weigele und Köhler halten den Druck im Gelenk im allgemeinen für außerordentlich gering. Ja, Gysi glaubt sogar, daß unter besonderen Umständen, wenn bei einseitigem Kauen der Bissen mit großem Widerstand zwischen den letzten Mahlzähnen liegt, das Gelenk der Arbeitsseite ganz druckfrei werden kann, was nach Köhler unter besonderen Verhältnissen auch bei beiderseitiger Belastung möglich sein soll.

Im übrigen sind die mechanisch-statischen Darlegungen, in die vielfach auch mehr oder weniger physiologische Überlegungen mit hineinspielen, zum Teil recht unklar. Es sei hier nur an die statische Auslegung des Weigele'schen Gesetzes erinnert, auf die Müller noch näher eingegangen ist. An einem ganz einfachen Beispiele wurde von Müller gezeigt, daß, selbst wenn die Summe der Momente in Bezug auf das Gelenkköpfchen gleich Null ist, man dasselbe noch lange nicht von der Wirkung der Kräfte auf das Köpfchen bzw. die Gelenkfläche an der Schädelbasis behaupten kann.

Die Behandlung des Problems ist wieder mehr den tatsächlichen Verhältnissen gerecht geworden, als man versuchte, aus der Beschaffenheit des Gelenks Schlüsse auf die Belastung des Gelenks zu ziehen.

So glaubte man, der Druck im Gelenk könne und dürfe nicht groß sein mit Rücksicht auf die geringe Knochenstärke, die der hintere Teil der Gelenkfläche des Schläfenbeins, die Gelenkgrube, aufweist. Man vermutete deshalb, der mehr oder weniger große Druck von seiten des Gelenkköpfchens werde durch die Auspolsterung der Gelenkflächen mit Knorpel, die Zwischenlagerung der Gelenkscheibe zwischen den beiden Gelenkteilen, die Gelenkflüssigkeit und durch die Wirkung des m. pterygoideus externus gemildert oder gar ganz aufgehoben. Das scheint doch zum Teil recht unwahrscheinlich, denn Gelenkknorpel, -flüssigkeit, -scheibe und der genannte Muskel dienen doch in erster Linie bewegungstechnischen Zwecken. Eine Druckmilderung durch die Pufferwirkung des Knorpels und infolge einer Druckverteilung durch die Gelenkscheibe wäre immerhin denkbar. Wenn aber die Gelenkflüssigkeit in der Kapsel auch druckmindernd wirken soll durch Verteilung des Druckes wie bei einem

Wasserkissen, so müßte die Kapsel prall mit Flüssigkeit gefüllt sein. Es ist aber bekannt, daß gerade das Kiefergelenk eine sehr schlaffe Kapsel besitzt.

Der m. pterygoideus externus wird als der Muskel der Vorwärts- und Seitwärtsbewegung des Unterkiefers angesehen. Seine Aufgabe ist es, bei diesen Bewegungen das Köpfchen mitsamt seiner beweglichen Pfanne, der Zwischenscheibe, nach vorwärts zu ziehen. Es ist nun nicht einzusehen, wie dieser Muskel in der Schließbewegung, an der er überhaupt nicht beteiligt ist, die mit dem Köpfchen zurückgehende Gelenkscheibe durch seinen Zug unter Spannung halten soll, um das unter Druck stehende Köpfchen von der Schädelbasis abzudrängen. Es müßte überhaupt bezweifelt werden, ob dieser verhältnismäßig schwache Muskel soviel Spannkraft aufbringen könnte, um den Druckkräften aus m. masseter, m. pterygoideus internus und m. temporalis erfolgreich begegnen zu können.

Die Auffassung, daß der Druck im Gelenk nur gering sei wegen der geringen Stärke eines Teiles der Gelenkfläche am Schläfenbein setzt voraus, daß das Gelenkköpfchen beim Kauen sich in dieser für Druck ungünstigen Zone befindet. Das steht aber nicht fest. Nach Untersuchungen von Breuer, Gysi, Schröder, Wallisch u. a. befindet sich das Gelenkköpfchen in der Okklusion, durch den Kauflächenkomplex hinlänglich fixiert, am hinteren Abhang des Gelenkhöckers und im Gegensatz zu Loos nicht im tiefsten Punkt der Pfanne. Es ist nicht anzunehmen, daß das Köpfchen während der Schließbewegung über seine durch den Kauflächenkomplex bestimmte Okklusionslage hinaus nach rückwärts in das Gelenk rückt. Bei der Öffnungsbewegung rückt es auf den Gelenkhöcker und könnte in der Schließbewegung also nur den Höcker und seinen rückwärtigen Abhang belasten, welche wohl einigen Druck aushalten dürften.

Weigele jedoch lehnt wegen der unmittelbaren Nähe des Gehirns, das sich direkt über der Gelenkfläche des Schläfenbeins befindet, jedwede Belastung des Gelenks ab. Wie er meint, würde durch Drucke und Stöße auf die starr mit dem Schädel verbundene Gelenkfläche der Schädel erschüttert und in Schwingungen versetzt werden, was sich nachteilig auf das Gehirn auswirken müsse.

Im Hinblick auf die unmittelbare Nähe des Gehirns müssen die Verhältnisse zur Druckaufnahme an der Gelenkfläche des Schläfenbeins als recht ungünstig bezeichnet werden im Vergleich mit dem sogenannten vorderen Auflager des Unterkiefers, das der Oberkiefer darstellt. Hier wird der Druck zunächst von den gewissermaßen in den Zahnhöhlen aufgehängten Zähnen gepuffert und vom kräftigen, gegen Druck von unten her allenthalben gut abgestützten Oberkiefer aufgenommen. Nach Schröder befinden sich über den Zahnwurzeln, der Druckbeanspruchung entsprechend, nach oben zueinander geneigte, trajektorienähnliche Bildungen der Spongiosa. Aus ihren Vereinigungsstellen gehen Stützleisten hervor, die nach dem Schädel hin ausstrahlen, den Druck auf eine möglichst weite Strecke zur Verteilung zu bringen. Die Endpunkte dieser Leisten sind durch bogenartige Knochenkommissuren abgestützt, so daß der von den Knochenleisten übertragene Druck konstruktiv in sich kompensiert wird. Ein derartiges konstruktives System zur Druckaufnahme und -verteilung befindet sich am Kiefergelenk nicht. Hier müßte der Druck sich fast

direkt auf einen kleinen Bezirk der Schädelbasis auswirken, da sich fast unmittelbar über dem Gelenk das Gehirn befindet.

Es wurde auch überlegt, ob der Gelenkfortsatz des Unterkiefers, der den Druck auf die Gelenkfläche an der Schädelbasis zu übertragen hätte, in der Lage wäre, größere Drucke zu vermitteln. Das wird von Weigele und Wustrow verneint unter Hinweis auf den dünnen Querschnitt und die locker gelagerten Knochenbälkchen des Halses, in den sich der aufsteigende Ast nach oben gegen das Köpfchen fortsetzt. In der Tat ist die geringe Knochenstärke des Gelenkfortsatzes auffallend angesichts des sonst so kräftig ausgebildeten Unterkiefers, der an Stellen besonderer Beanspruchung, wie z. B. am Kieferwinkel, noch besonders durch kräftige Knochenleisten verstärkt und versteift ist.

Obwohl die Schlüsse, die aus der anatomischen Beschaffenheit des Gelenks gezogen werden konnten, eher gegen als für eine Belastung des Gelenks sprechen, kann doch letzten Endes diese Frage nur durch Versuche am Kauapparat des Lebenden geklärt werden. Dazu ist Wustrow durch eine eigenartige Beobachtung angeregt worden. Bei Benutzung seines Kaubahnträgers war er auf eine eigentümliche Bewegungsmöglichkeit des Unterkiefers aufmerksam geworden, die er sich nur so erklären konnte, daß das Gelenkköpfchen die Freiheit besaß, von jedem Punkte seiner Bahn auch senkrechte Bewegungen nach abwärts auszuführen. Die daraufhin angestellten Versuche, von denen im ersten Teile dieser Arbeit berichtet worden ist, bestätigten seine Vermutung. Es konnten tatsächlich beim Kauen und Beißen senkrechte Schwingungen des Gelenkköpfchens festgestellt werden. Diese senkrechten Schwingungen, in denen das Köpfchen sich von der Gelenkfläche an der Schädelbasis abheben muß, waren für Wustrow ein Beweis dafür, daß beim Kauen und Beißen das Kiefergelenk nicht belastet wird.

Um die Feststellung Wustrow's nachzuprüfen und auch selbst in der Frage der Belastung des Gelenks ein Urteil abgeben zu können, habe ich ebenfalls das Verhalten des Gelenkköpfchens beim festen Zubeißen untersucht, allerdings auf andere Weise wie Wustrow.

Meinen Untersuchungen liegt folgende Überlegung zugrunde: Wenn ich einen harten, unnachgiebigen Gegenstand mit den Zähnen festhalte, dabei nur eben so viel Kraft aufwende, als zum Festhalten notwendig ist, wird das Gelenkköpfchen hierbei eine bestimmte Stellung im Gelenk einnehmen. Wird nun mit voller Kraft auf den unnachgiebigen Gegenstand eingebissen und dabei das Gelenk belastet, d. h. das Köpfchen gegen die Gelenkfläche am Schläfenbein gepreßt, so muß das Gelenkköpfchen seine Stellung ändern; es muß sich unter Kompression der Gelenkscheibe der Gelenkfläche an der Schädelbasis nähern. Diese beiden Lagen des Köpfchens, bei praktisch unbelastetem und belastetem Kiefer, habe ich im Röntgenbilde festgehalten und miteinander verglichen.

Die praktische Ausführung der Versuche gestaltete sich folgendermaßen. In einem vollständigen Gebiß habe ich systematische Belastungen der Kiefer vorgenommen, ähnlich wie Wustrow. Als Widerstand zwischen den Zähnen benutzte ich erst Stahlkugeln, gab das aber bald aus verschiedenen Gründen auf. Die Kugeln ließen sich nämlich nur schwer zwischen den Zähnen festhalten, und die Zähne schmerzten beim festen

Zubeißen, weil der Kaudruck sich nur auf einen kleinen Bezirk der Kauflächen auswirken konnte, soweit die Kugel eben die Kaufläche berührte; außerdem getraute man sich nicht, mit voller Kraft zuzubeißen, weil man infolge der kleinen Berührungsflächen bezw. der wenigen Berührungspunkte das Gefühl hatte, sich ein Stück vom Zahne abzusprengen. Es mußten deshalb Widerstände zwischen den Zahnreihen geschaffen werden, die diese Unannehmlichkeiten und Schädlichkeiten ausschalteten. Zu diesem Zwecke legte ich weiche Wachsklötzchen rechts und links zwischen die Backenzähne und ließ zubeißen, bis die Schneidezähne nur noch 1 cm voneinander entfernt waren. Die Klötzchen wurden dann auf 1 cm Länge beschnitten und in Kautschuk hergestellt. Nach Einlage dieser Kautschukklötzchen in das Backenzahngebiet rechts und links wurde nun noch im Frontzahngebiet auf Wachs gebissen und in der gleichen Weise noch ein drittes, diesmal 2 cm langes Kautschukklötzchen für die Front angefertigt. Nunmehr konnte mit voller Kraft auf diese Klötzchen eingebissen werden; der Kaudruck war jetzt auf eine größere Fläche der Kauebene verteilt, die Zähne schmerzten nicht mehr, und man brauchte keine Schädigung zu befürchten.

Beim 1. Versuch war nur die Front belastet, beim 2. Versuch das Backenzahngebiet auf beiden Seiten, beim 3. Versuch das Backenzahngebiet nur auf einer Seite. Und nun wurden Röntgenaufnahmen gemacht, für jeden Versuch zwei. In der 1. Aufnahme, in der jedesmal das Klötzchen nur eben von den Zähnen festgehalten wurde mit einer geringen, praktisch kaum ins Gewicht fallenden Muskelkraft, wurde sozusagen die Ausgangsstellung des Gelenkköpfchens ermittelt. Sofort anschließend wurde die 2. Aufnahme gemacht, für die mit großer Kraft zugebissen werden mußte. Wenn jetzt tatsächlich das Köpfchen mit Druck gegen die Gelenkfläche des Schläfenbeins gepreßt worden war, mußte es aus seiner sogenannten Ausgangsstellung heraus sich der Gelenkfläche genähert haben. Dieses ist hernach einfach festzustellen. Man braucht die beiden Aufnahmen nur aufeinander zu legen und darauf zu achten, daß die Konturen des Schädels, insbesondere Gelenkpfanne, Gelenkhöcker, Oberkiefer usw. aufeinander zu liegen kommen. Jedwede Lageveränderung des Gelenkköpfchens und des Unterkiefers überhaupt offenbart sich jetzt in doppelten Umrißlinien.

Voraussetzung für richtige Vergleichsaufnahmen ist natürlich, daß der Kopf der Versuchsperson, die Aufnahmeplatte und die Röntgenröhre bei der 2. Aufnahme genau so liegt wie bei der 1.. Das habe ich durch 1. Aufnahme. Es muß deshalb der Kopf der Versuchsperson in der Kopfstütze festen Halt finden und darf sich während der beiden Aufnahmen nicht bewegen. Es muß auch dafür gesorgt werden, daß die Platte bei der 2. Aufnahme genau so liegt wie bei der 1.. Das habe ich durch einen eigens hierfür angefertigten Ständer erreicht. Er besteht aus einem nach oben, unten und seitwärts beweglichen Tragtischchen, das sich feststellen läßt und auf dem die Platte in jeder gewünschten Lage durch eine Klemmvorrichtung festgehalten, ohne weiteres herausgenommen und wieder in die alte Lage eingestellt werden kann. Es versteht sich fast von selbst, daß die Röntgenröhre am gegenüberliegenden Gelenk dieselbe Lage beibehalten muß.

Über das Verhalten des Gelenkköpfchens beim festen Zubeißen konnte ich folgende Feststellungen machen: Eine Bewegung des Köpfchens nach unten war nicht immer mit Sicherheit zu erkennen. Das ist weiter nicht verwunderlich, wenn man an das geringe Ausmaß dieser Bewegung denkt. Wustrow hat eine Senkung von nur 0,5 mm und weniger errechnet. In einigen Fällen jedoch war die Senkung des Köpfchens unverkennbar. Sie hielt sich auch in dem von Wustrow errechnetem Maße. In fast allen Fällen zeigte sich, daß das Köpfchen etwa 1 mm nach rückwärts gegangen war. Es ist möglich, daß diese Rückwärtsbewegung durch die Senkung des Köpfchens zustande kommt. Denn wenn der Unterkiefer, wie Wustrow behauptet, beim Beißen um den Bissen, hier das Klötzchen, schwingt, bewegt sich das Köpfchen auf dem Bogen eines Kreises, dessen Zentrum der Drehpunkt des Unterkiefers am Klötzchen ist, und hierbei muß mit einer Senkung des Köpfchens dieses zugleich auch nach rückwärts gehen. Wie dem auch sei, von größerer Bedeutung ist die Feststellung, daß in keinem Falle eine Bewegung des Köpfchens gegen die Gelenkfläche an der Schädelbasis beobachtet werden konnte. Aus diesem Grunde muß auch ich eine Belastung des Gelenks in der Schließbewegung ablehnen.

Dieser aus dem Verhalten des Köpfchens sich ergebende Schluß wird durch die histologischen Untersuchungen Steinhard's bestätigt. Aus dem charakteristischen Verlaufe der Knorpelfasern mußte auch Steinhard den Schluß ziehen, daß das Gelenk in der Schließbewegung nicht belastet wird. Das ist aber nur bedingt richtig. Nach Steinhard wird das Kiefergelenk am Ende der Schließbewegung belastet, wenn infolge Zahnverlust der Unterkiefer durch die Kraft der Schließer über seine ehemalige Schlußbißlage hinaus dem Schädel genähert werden kann. Daß es dann zu einer Belastung des Gelenks kommen muß, ist unschwer einzusehen. Das Köpfchen, dessen Lage im Gelenk in der Schlußbißlage des Unterkiefers durch den Kauflächenkomplex bestimmt ist, wird jetzt durch die Kraft der Schließer über seine ehemalige Schlußbißlage hinaus nach oben gegen die Gelenkfläche an der Schädelbasis gepreßt. Für die Richtigkeit dieser Überlegung sprechen die Druckschädigungen im Gelenk, die unter den genannten Bezahnungsverhältnissen am Gelenk der Leiche oft schon mit dem bloßen Auge festgestellt, in ihrem vollen Umfange jedoch erst in der mikroskopischen Untersuchung der Gelenkflächen erkannt werden konnten. Von derartigen Druckschädigungen berichten außer Steinhard auch Schröder und Bauer W.. Vielleicht ist die durch Zahnverlust bedingte Belastung des Gelenks am Ende der Schließbewegung die Ursache für manche als arthritis deformans erklärten Gelenkerkrankungen besonders älterer Personen, für die man in den meisten Fällen keine eigentliche Ursache verantwortlich machen kann. Jedenfalls ließen sich die bei dieser Erkrankung auftretenden charakteristischen Veränderungen im Gelenk, die hauptsächlich degenerativer und regenerativer Natur sind, bei entsprechenden Bezahnungsverhältnissen gut als Druckschädigungen erklären.

Mit der Frage einer Belastung des Gelenks während der Öffnungsbewegung hat man sich kaum befaßt. Obwohl dieser die eigentliche Kaubewegung nur vorbereitenden Bewegung weit weniger Bedeutung für das Kaugeschäft zukommt, soll doch vollständigkeitshalber auch kurz auf sie eingegangen werden.

Straßer glaubt, daß das Kiefergelenk während der Öffnungsbewegung belastet wird. Das bestätigen die Untersuchungen Steinhard's. Die charakteristische Ausrichtung der Knorpelfasern am Gelenkköpfchen vom vorderen zum hinteren und am Gelenkhöcker vom hinteren zum vorderen Gelenkrand zeigt, daß das Köpfchen in der Öffnungsbewegung unter einem gewissen Druck an der Gelenkfläche des Schläfenbeins nach vorne gleitet. Wie diese Belastung zustande kommt, kann man sich leicht erklären. Indem in der Öffnungsbewegung der Unterkiefer eine Drehbewegung nach unten ausführt, wird der m. masseter und pterygoideus internus passiv gespannt und hierdurch das Köpfchen nach oben gegen die Gelenkbahn gepreßt, auf der es dann unter einem gewissen Druck nach vorne rückt.

Nach Straßer wird das Gelenk auch schon in der Ruheschwebe oder physiologischen Ruhelage des Unterkiefers belastet durch den natürlichen Spannungszustand der Schließer und der Muskeln des Mundhöhlenbodens. Stellungnahmen anderer Autoren hierzu habe ich nicht finden können. Die Erklärung für eine solche Belastung müßte dieselbe sein wie für die Öffnungsbewegung, denn im Grunde handelt es sich hier doch nur um eine aus der Schlußbißlage heraus erfolgten Öffnungsbewegung von außerordentlich kleinem Ausmaße.

Ergebnis der kritischen Untersuchung.

Beim Kauen und Beißen wird der Unterkiefer durch die Wirkung der Schließmuskeln mit großer Kraft gegen den Oberkiefer herangeführt, um die Nahrung zu zerkleinern. Es war nun sehr naheliegend, zu glauben, daß hierbei der Gelenkfortsatz, dem bezahnten Teile des Unterkiefers entsprechend, ebenfalls nach oben gepreßt werde, also mit einer Belastung des Gelenks zu rechnen sei. Das ist aber nicht der Fall, wie aus Versuchen am Kauapparat des Lebenden und geweblichen Untersuchungen am Gelenk der Leiche hervorgeht.

Wustrow hat feststellen können, daß beim Kauen und Beißen das Gelenkköpfchen Schwingungen nach abwärts ausführt und nicht nach oben gegen die Gelenkfläche an der Schädelbasis. In systematisch vorgenommenen Belastungsversuchen hat er Schwingungen des Köpfchens nach abwärts bis zu einem halben Millimeter beobachten können. Nach meinen eigenen, ähnlich durchgeführten Belastungsversuchen muß ich die Feststellung Wustrow's bestätigen. Im Röntgenbilde habe ich die Senkung des Köpfchens deutlich wahrnehmen, aber keine Bewegung des Köpfchens nach oben feststellen können, die als Belastung des Gelenks hätte gewertet werden müssen. Auch Balters hat an einem durch ein Karzinom eröffneten Gelenk beobachten können, daß das Köpfchen der Belastungsseite sich um einen deutlich wahrnehmbaren Betrag senkte und bestätigt damit die experimentell und röntgenologisch festgestellten Senkungen.

Den schönsten und vollkommensten Beweis erbringt aber die gewebliche Untersuchung der Gelenkflächen, wie sie Steinhard vorgenommen hat. Wenn das Kiefergelenk beim Kauen belastet wird, muß in der Schließbewegung das Gelenkköpfchen unter Druck auf der Gelenkbahn nach rückwärts gleiten, bis es seine durch den Kauflächenkomplex bestimmte Schlußbißlage am Ende der Schließbewegung innehat. Dies müßte sich am formbaren Gelenkknorpel durch Ausrichtung der Knorpelfasern an der

Gelenkbahn von vorne nach hinten und am Gelenkköpfchen vom hinteren zum vorderen Gelenkrande offenbaren. Steinhard hat aber unter sonst normalen Verhältnissen am Kauapparat regelmäßig einen gerade entgegengesetzten Faserverlauf feststellen können.

Nach diesen experimentellen und geweblichen Untersuchungen am Kiefergelenk, sowohl des Lebenden als auch der Leiche, muß eine Belastung des Kiefergelenks in der Schließbewegung abgelehnt werden.

Eine Erklärung für diese Tatsache dürfte nicht allzu schwierig sein, wenn man sich einmal die genaue Wirkungsrichtung der einzelnen Schließmuskeln und das Zusammenspiel der Kräfte während der Schließbewegung vergegenwärtigt.

Richtungsgemäß haben wir unter den Schließern zwei Gruppen zu unterscheiden, die schräg nach vorne geneigte m. masseter-pterygoideus internus-Gruppe und den schräg nach hinten gerichteten m. temporalis. Würde in der Schließbewegung nur die m. masseter-pterygoideus internus-Gruppe tätig sein, so müßte der Unterkiefer durch ihren Zug schräg nach vorne mit seinen Zahnreihen gegen den Bissen und mit seinem Gelenkfortsatz gegen den Gelenkhöcker bzw. gegen die Gelenkbahn gepreßt werden. Nun ist aber an der Schließbewegung zugleich mit dem m. masseter und m. pterygoideus internus auch noch der m. temporalis beteiligt. Dieser größte Kaumuskel (Muskelquerschnitt: 8 qcm, masseter: 7,5, pterygoideus internus: 4) führt den Unterkiefer, der in der Öffnungsbewegung nach vorwärts gegangen ist, während der Schließbewegung wieder zurück. Hierbei scheint mir das Köpfchen durch den schräg nach rückwärts wirkenden Zug des Schläfenmuskels vom Gelenkhöcker bzw. seinem rückwärtigen Abhang abgezogen zu werden. Begünstigt wird eine solche Wirkung besonders dadurch, daß der Schläfenmuskel in geringer Entfernung vom Köpfchen, am Rabenfortsatz, seinen Ansatz hat. Die beiden Schließergruppen sind damit gewissermaßen Antagonisten hinsichtlich ihrer Wirkung auf das Gelenk, Synergisten in ihrer Wirkung auf den Bissen. Sie halten den Unterkiefer, der dann im Bissen seinen Dreh- und Stützpunkt hat, in einer eigenartigen Schwebelage; das Köpfchen schwebt durch diese Steuerung des Schläfenmuskels am aufsteigenden Ast frei im Gelenk, ohne einen Druck auszuüben. Die ganze Kraft der Schließer kommt so auf den Stützpunkt, den Bissen, zur Wirkung.

Aus diesem Grunde ist es auch erklärlich, warum nach Entfernung des Gelenkköpfchens noch gekaut werden kann. Der Unterkiefer stützt sich eben beim Kauen nicht auf das Köpfchen sondern auf den Bissen. Dieselbe Auffassung vertritt auch Wustrow.

In diesem Zusammenhange muß auf Köhler hingewiesen werden, der diese Verhältnisse schon richtig erkannt und in seinem bekannten Phantomversuche zur Darstellung gebracht hat. Er glaubte, daß die Momente aus den beiden Schließergruppen in Bezug auf den Bissen als Drehpunkt unter bestimmten Bedingungen einander gleich sein können und schreibt zu seinem Phantomversuche: „Das Gelenkköpfchen schwebt dabei ruhig in der Luft, ohne irgendwelchen Druck auszuüben."

Wenn Köhler dieses Verhalten der beiden Schließergruppen gegeneinander beim Kauen noch von besonderen Bedingungen abhängig machte, so muß heute aus den experimentellen und geweblichen Untersuchungen

am Kiefergelenk geschlossen werden, daß die Schließmuskeln beim Kauen, während der Schließbewegung, sich stets auf ein solches Momentengleichgewicht einstellen. Vielleicht kommt bei diesem Kräftespiel der tieferen, fast senkrecht vom Kieferwinkel zum Jochbogen verlaufenden Schicht des m. masseter eine besondere Bedeutung zu, indem sie, wie Schröder meint, die Lage der Resultanten des m. pterygoideus internus und der gleichlaufenden oberen masseter-Schicht den jeweiligen Bißvorgängen entsprechend verändert und ihnen anpaßt.

Die gesamte aufgewandte Kraft der Schließer kann so, ohne daß etwa ein Teil der Kraft durch einen Auflagerdruck im Gelenk verloren geht, voll und ganz auf den Bissen zur Wirkung kommen und damit ihrer eigentlichen Aufgabe in vollkommenstem Maße gerecht werden.

Durch den Kauflächenkomplex ist am Ende der Schließbewegung, im Schlußbiß, die Lage des Unterkiefers zum Schädel und damit die Lage des Köpfchens im Gelenk, d. h. sein Abstand von der Gelenkfläche an der Schädelbasis bestimmt. Ist dieser Abstand nicht mehr gesichert, wie es der Fall ist, wenn der Unterkiefer infolge Zahnverlust beim Schlußbiß über seine ehemalige Schlußbißlage hinaus dem Schädel genähert werden kann, dann wird das Gelenkköpfchen beim Endpreßdruck nach oben-rückwärts oder -vorwärts, je nach der Zwangsführung des Unterkiefers durch die Restzähne, gegen die Schädelbasis gepreßt. Das Gelenk wird belastet, was in mannigfachen Druckschäden zum Ausdruck kommt, von denen Schröder, Steinhard und Bauer W. berichtet haben. Dasselbe gilt natürlich in entsprechender Weise für den zahnlosen Kiefer.

Der bei funktionell genügender Bezahnung regelmäßige Verlauf der Knorpelfasern am Gelenkköpfchen vom vorderen zum hinteren und am Gelenkhöcker vom hinteren zum vorderen Gelenkrand kann nur so gedeutet werden, daß das Gelenkköpfchen bei entsprechenden Bewegungen des Unterkiefers mit einem gewissen Druck auf der Gelenkbahn nach vorne rückt, wobei diese Ausrichtung der Knorpelfasern zustande kommt. Es muß deshalb in der Vorschub- und Öffnungsbewegung mit einer Belastung des Gelenks gerechnet werden.

In der Vorschubbewegung könnte das Gelenk höchstens dadurch einer Belastung entgehen, daß bei vollkommenem Schleifkontakt die Gleitbahn des Unterkiefers nach unten-vorne denselben Neigungswinkel wie die Gelenkbahn hat. In diesem Falle würde das Köpfchen bei der Vorschubbewegung mit dem Abstand, den es beim Schlußbiß von der Gelenkbahn hatte, zu ihr parallel nach vorne-unten gleiten, ohne die Gelenkbahn zu belasten. Mit einer solch feinen Abstimmung der Zahnreihen auf das Gelenk ist wohl in den meisten Fällen nicht zu rechnen. Ein gleichmäßig, allseitig fein ausgebildeter Schleifkontakt in der Vorschubbewegung ist ein verhältnismäßig seltener Befund. In vielen Fällen, besonders beim ausgeprägten tiefen Scherenbiß, haben nur die Schneidezähne miteinander Kontakt, während im Seitenzahngebiet eine Abstützung des Unterkiefers gegen die oberen Zahnreihen völlig fehlt. In solchen Fällen muß sich dann der Zug der masseter-pterygoideus internus-Muskel-Gruppe im Frontzahngebiet und im Gelenk auswirken. Während die Schneiden der unteren Frontzähne an den rückwärtigen Flächen der oberen Schneidezähne entlang

gleiten unter einem gewissen Druck, geschieht dasselbe mit dem Köpfchen auf der Gelenkbahn.

In der Öffnungsbewegung wird durch die Drehbewegung des Unterkiefers nach abwärts die masseter-pterygoideus internus-Muskel-Gruppe passiv gespannt und hierdurch das Gelenkköpfchen gegen die Gelenkbahn gepreßt, auf der es dann unter einem gewissen Druck nach vorwärts-abwärts gleitet.

In der physiologischen Ruhelage steht der Unterkiefer unter dem Einfluß des natürlichen Spannungszustandes der Schließer, Öffner und des eigenen Gewichtes. Es kommt eine kleine Öffnungsbewegung zustande, in der das Köpfchen nach vorne geht und leicht gegen den rückwärtigen Abhang des Gelenkhöckers gedrängt wird. Die Belastung des Gelenks dürfte jedoch in diesem Falle im Verhältnis zu der in der Vorschub und Öffnungsbewegung erfolgenden Belastung kaum nennenswert sein.

Die Belastung des Gelenks in der physiologischen Ruhelage, Öffnungs- und Vorschubbewegung unterscheidet sich von der durch Zahnverlust in der Schließbewegung bedingten hauptsächlich dadurch, daß erstere sich stets innerhalb physiologischer Grenzen hält, während letztere diese weit überschreitet und zu funktionell pathologischen Erscheinungen im Gelenk Anlaß gibt.

Kurze zusammenfassende Beantwortung der Frage der Gelenkbelastung.

Die Frage der Gelenkbelastung kann zusammenfassend dahin beantwortet werden:

Bei voller oder funktionell genügender Bezahnung wirken die Kaumuskelkräfte beim Beißen und Kauen in solcher Stärke und Richtung, daß das Gelenk in der Schließbewegung von jeglicher Druckwirkung verschont bleibt.

Bei mangelhafter, funktionell ungenügender Bezahnung jedoch wird am Ende der Schließbewegung durch die Wirkung der Schließer über die ehemalige Schlußbißlage hinaus das Gelenk in einem das Physiologische überschreitendem Maße belastet.

In der Vorschubbewegung kommt es, insbesondere bei fehlender Abstützung im Seitenzahngebiet, durch die aktive Kraft des m. masseter und m. pterygoideus internus zu einer innerhalb physiologischer Grenzen bleibenden Belastung.

In der physiologischen Ruhelage und der Öffnungsbewegung wird durch den natürlichen Spannungszustand der Schließer und Öffner bzw. die passive Spannung des m. masseter und m. pterygoideus internus das Gelenk in physiologischem Maße belastet.

Praktische Folgerungen.

Die Feststellung, daß das Kieferköpfchen sich beim festen Zubeißen senkt, sich von der Gelenkfläche an der Schädelbasis entfernt, ist für die Lehre von der Artikulation der Kiefer von großer Bedeutung. Die Senkung beweist, daß dem Gelenk nicht das führende Moment beim Kauakt zukommt, wie man bislang, vor allem früher, vermutet hat, als man glaubte, die Artikulation der Kiefer vom Gelenk abhängig machen zu müssen. Während in der Öffnungs- und Vorschubbewegung eine Führung des

Unterkiefers durch das Gelenk stattfindet, wird gerade in der Hauptbewegung des Kauaktes, in der Schließbewegung, durch die Senkung des Köpfchens das Gelenk von der Führung ausgeschaltet, und diese geht nach Durchtrennung des Bissens und Zahnreihenschluß in die Zahnreihen über. Indem auch noch am Ende der Schließbewegung die Schlußbißlage des Unterkiefers nur durch die in Okklusion befindlichen Zahnreihen bestimmt wird und nicht etwa auch noch durch das Gelenk — das Gelenkköpfchen liegt ohne Druck dem rückwärtigen Abhang des Gelenkhöckers an und bildet keine Abstützung des Unterkiefers gegen den Schädel, wie manche glauben —, ergibt sich, daß das bestimmende Moment der Schließbewegung neben den Muskelkräften ausschließlich in den Zahnreihen gelegen ist und die Lösung des Artikulationsproblems von dieser Seite und nicht vom Gelenk aus zu suchen ist.

Von Bedeutung ist auch weiter die Feststellung, daß das Kiefergelenk normalerweise, bei voller Bezahnung, in der Schließbewegung nicht belastet wird, während es bei unzulänglicher Bezahnung, d. h. wenn der Unterkiefer infolge Zahnverlust sich über seine ehemalige Schlußbißlage hinaus dem Oberkiefer nähern kann, zu einer Belastung des Gelenks kommt, durch die das Gelenk u. U. schwer geschädigt wird. Zahnverlust stellt also für den Patienten nicht nur eine direkte Schädigung dar, indem das Kauvermögen herabgesetzt und die Kauarbeit erschwert ist, sondern kann, wenn die Schlußbißlage des Unterkiefers, der Abstand des Unterkiefers vom Oberkiefer, nicht mehr durch die Bezahnung gesichert ist, sogar indirekt zu Schäden am Gelenk führen. Erhaltung und Sicherung der Schlußbißlage des Unterkiefers, wie sie durch volle Bezahnung gewährleistet wird, ist deshalb eine wichtige Forderung im Sinne normaler Gelenkverhältnisse, die im Interesse des Patienten erhoben werden muß. Allerdings herrscht die Meinung, daß die Veränderungen und Schäden im Gelenk infolge unphysiologischer Belastung für das Befinden des Patienten und die Funktion des Kauapparates praktisch belanglos seien. Dem möchte ich nicht ohne weiteres beipflichten und meine Meinung entgegensetzen: Vielleicht hat manche Gelenkerkrankung, wie insbesondere die arthritis deformans älterer Personen, für die in vielen Fällen keine eigentliche Ursache, wie z. B. Syphilis, Tuberkulose, chronischer Rheumatismus u. a., verantwortlich gemacht werden kann, ihre Ursache in der durch Störungen innerhalb der Zahnreihen verursachten Gelenkbelastung. Jedenfalls lassen sich die bei der arthritis deformans auftretenden und sich vorfindenden geweblichen Veränderungen chronisch-entzündlichen, degenerativen und regressiven Charakters gut als Druckschädigungen erklären.

Die Beschwerden einer arthritis deformans können u. U. für den Patienten ganz beträchtlich sein. Während manchmal merkwürdigerweise Schmerzen ganz fehlen, sind sie in anderen Fällen nicht unbedeutend. Dazu kann die Beweglichkeit des Unterkiefers oft erheblich beeinträchtigt sein, sowohl durch die Schmerzhaftigkeit der Bewegung als auch durch die Veränderung an den Gelenkkörpern.

Die Behandlung derartiger Gelenkerkrankungen, die durch Druckschädigung infolge funktionell ungenügender Bezahnung zustande kommen, wird praktisch meist in Händen des Ohrenarztes liegen, da der Patient bei ihm um Abhilfe nachsucht; sie gehört aber in Wirklichkeit in den

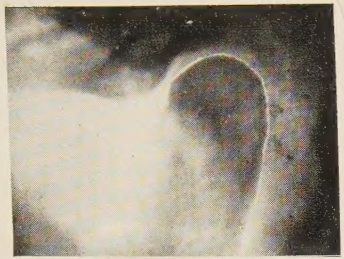
Bereich des Zahnarztes. Die Behandlung wird nur Erfolg haben können, wenn Ursache und Wirkung richtig erkannt werden und sie nicht eine im Grunde machtlose, nur symptomatische, bleibt, sondern direkt an der Ursache ansetzt. Ein größeres Verdienst ist es aber und eine dankbare Aufgabe des die Zusammenhänge erkennenden Arztes, durch entsprechend bewußtes Handeln bei konservierenden Maßnahmen, Ersatz, Zahnentfernungen und Bißveränderungen vorzubeugen und dadurch den Patienten, dessen Gesundheit uns anvertraut ist, vor weiteren Schäden sowie Unannehmlichkeiten zu bewahren.

Herzlichen Dank möchte ich an dieser Stelle meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. Balters, aussprechen für die Überlassung des Themas und die freundliche Unterstützung und Anregung bei der Durchführung dieser Arbeit.

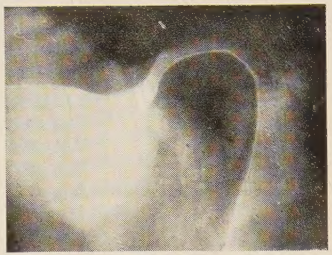
Ebenfalls bin ich zu Dank verpflichtet dem Direktor der Universitäts-Klinik und Poliklinik für Mund-, Zahn- und Kieferkranke in Bonn, Herrn Prof. Dr. Proell, für die freundliche Erlaubnis, die zu dieser Arbeit notwendigen Röntgenuntersuchungen in der Universitäts-Zahnklinik in Bonn durchführen zu dürfen.

Aufnahmen zu den auf Seite 18 und folgenden beschriebenen Versuchen

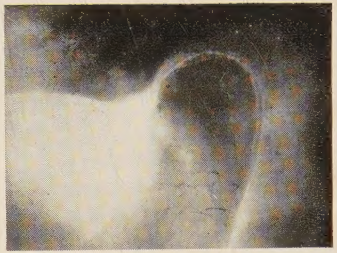
Um die Lageveränderung des Gelenkköpfchens bei Belastung der Kiefer besonders deutlich hervortreten zu lassen, waren die Umrißlinien des Köpfchens in der 1. und 2. Aufnahme leicht mit Bleistift nachgezeichnet worden.



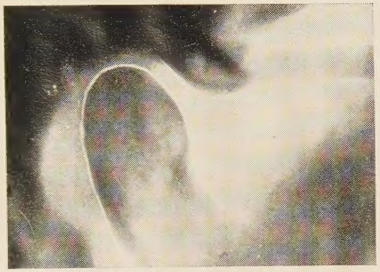
1. Aufnahme, Ausgangsstellung, Stellung des Köpfchens beim Festhalten des unnachgiebigen, zwischen den Zähnen liegenden Kautschukklötzchens mit einer geringen, praktisch kaum ins Gewicht fallenden Muskelkraft.



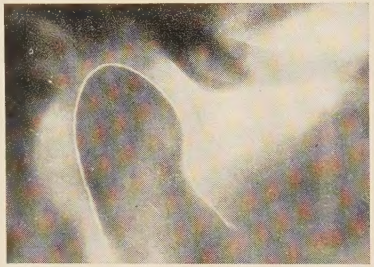
2. Aufnahme, Stellung des Köpfchens beim festen Zubeißen.



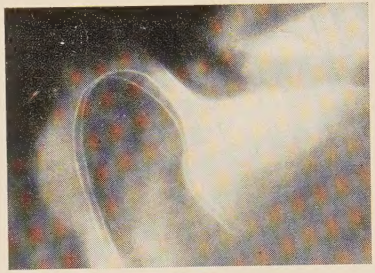
1. und 2. Aufnahme aufeinander gelegt, Köpfchen ist deutlich nach hinten gerückt, keine Bewegung nach oben, geringe Senkung nach unten.



1. Aufnahme, Ausgangsstellung.



2. Aufnahme, Stellung beim festen Zubeißen.



1. und 2. Aufnahme aufeinander gelegt.

Schrifttum.

Balters, W.: Neue Ergebnisse der Artikulationsforschung. Dtsch. Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, 1936, Bd. 3, Heft 4, Seite 249.

Fick, R.: Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke unter Berücksichtigung der bewegenden Muskeln, 1. Teil: Anatomie der Gelenke. Verl. Gust. Fischer, Jena 1904.

— 3. Teil: Spezielle Gelenk- und Muskelmechanik. Verl. Gust. Fischer, Jena 1911.

Köhler, L.: Beitrag zur physiologischen Anatomie des menschlichen Kauapparates. Ztschr. f. Stomat. 1923, Nr. 11, Seite 671.

Loos, R.: Einiges über den Zusammenhang von Artikulation und Kiefergelenk. Österr.-Ung. Vjschr. f. Zhk., Januar 1912.

Müller, M.: Grundlagen und Aufbau des Artikulationsproblems im natürlichen und künstlichen Gebiß. Verl. Dr. W. Klinkhardt, Leipzig 1925.

Schröder, H.: Lehrbuch der technischen Zahnheilkunde, Bd. 1 (Die anatomische, physiologische und mechanische Grundlage der zahnärztlichen Prothetik). Verl. H. Meusser, Berlin 1925.

— Zur Frage der Belastung und Entlastung des menschlichen Kiefergelenkes. Vjschr. f. Zhk., 50. Jahrg., 1934, Heft 1.

Sicher-Tandler: Anatomie für Zahnärzte, 1928.

Steinhard, G.: Untersuchungen über die Beanspruchung der Kiefergelenke und ihre gewebliche Folgen. Dtsch. Zhk., Heft 91, 1934.

Straßer, H.: Lehrbuch der Muskel- und Gelenkmechanik, 2. Bd., Spez. Teil, 10. Das Kiefergelenk. Verl. Jul. Springer, 1913.

Weigele, B.: Ein Versuch am Bau des Unterkiefers die Gesetze der Mechanik und Statik aufzufinden. 1920, Freiburg i. Br., Inaug.-Diss., Correspondenzblatt f. Zhk., 1921, Heft 4.

Wustrow, P.: Die Plattenprothetik. Misch Fortschr. d. Zhk., 1. Bd., 1. Teil, 1925.

— Müssen die individuell verschiedenen Kieferbewegungen in der Prothetik berücksichtigt werden? Zahnärztl. Rundschau, 1928, Seite 1901.

Lebenslauf.

Ich, August Scheitle, bin am 3. Oktober 1909 in Tarforst bei Trier geboren als Sohn des Volksschullehrers August Scheitle und seiner Ehefrau Maria, geborene Geiger. Nach Volksschulbesuch in Palzem a. d. Obermosel kam ich auf das humanistische staatliche Friedrich Wilhelms-Gymnasium in Trier (Mosel) und bestand dort Ostern 1930 die Reifeprüfung. Anschließend besuchte ich die Universität in Bonn und hörte Rechtswissenschaft im 1. Semester. In 2 weiteren Semestern befaßte ich mich mit Sprachstudien.

Im Wintersemester 31/32 begann ich, ebenfalls in Bonn, das zahnärztliche Studium, legte nach dem Wintersemester 32/33 die zahnärztliche Vorprüfung ab, bestand nach 4 weiteren Semestern am 12. Juni 1935 das zahnärztliche Staatsexamen und erhielt damit gleichzeitig die Approbation als Zahnarzt.